

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平4-350804

(43)公開日 平成4年(1992)12月4日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 2 B 6/30  
6/12

識別記号

7132-2K  
A 7036-2K  
H 7036-2K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数2(全5頁)

(21)出願番号 特願平3-125798

(22)出願日 平成3年(1991)5月29日

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社  
東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 豊原 篤志

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株  
式会社内

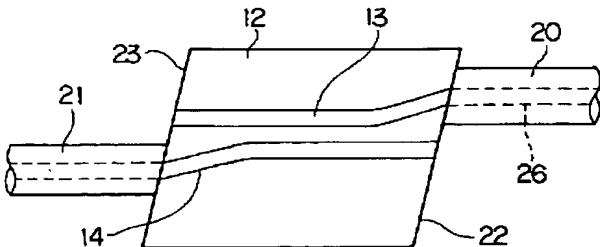
(74)代理人 弁理士 山内 梅雄

(54)【発明の名称】導波路型光デバイス

(57)【要約】

【目的】光ファイバのコアの屈折率と光導波路の屈折率  
とが異なっても、光のパワーを大きく損失することのない  
導波路型光デバイスを提供する。

【構成】光ファイバ20の端面を所定角度 $\theta_1$ 傾斜して  
形成し、光導波路基板12の端面22を所定角度 $\theta_2$ 傾  
斜するように形成した。更に、光導波路13を、光ファ  
イバ20のコアの屈折率 $n_1$ に $\sin\theta_1$ を乗じたもの  
と光導波路基板12の屈折率 $n_2$ に $\sin\theta_2$ を乗じたもの  
とが等しくなるような相対屈折方向に形成した。光  
導波路13の屈折率 $n_2$ と入出射側に設けられた光ファ  
イバ20のコアの屈折率 $n_1$ とが異なる場合、光は光フ  
ァイバ20から光導波路13へ入射する際に光ファイバ  
の端面と光導波路基板との端面部分で屈折する。そ  
して、光ファイバ20と光導波路基板12との相対屈折方  
向に形成した光導波路13の光軸方向へ入射し、光のパ  
ワーは光ファイバから光導波路へ入射する際に大きく損  
失することはない。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 表面に光導波路が形成された光導波路基板と、光導波路基板の端面で光導波路と光学的に結合された光ファイバとを有する導波路型光デバイスにおいて、光ファイバの端面を所定角度 $\theta_1$  傾斜して形成し、かつ光ファイバの端面に臨む光導波路基板の端面を所定角度 $\theta_2$  傾斜するように形成し、前記光導波路を、光ファイバのコアの屈折率 $n_1$  に  $\sin \theta_1$  を乗じたものと光導波路基板の屈折率 $n_2$  に  $\sin \theta_2$  を乗じたものとが等しくなるような相対屈折方向に形成したことを特徴とする導波路型光デバイス。

【請求項2】 前記所定角度 $\theta_1$  および所定角度 $\theta_2$  が 90° 以外の角度であることを特徴とする請求項1記載の導波路型光デバイス。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光導波路基板上に設けた光導波路中に、光を閉じ込めて制御を行う導波路型光デバイスに係わり、特に光導波路端面で生じる挿入損失の低減に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 導波路型光デバイスは、強誘電体や半導体材料からなる光導波路基板中に、光を閉じ込めて導波させるための導波路として屈折率の高い部分が形成されている。この導波路の上部または近傍に電圧を印加することによって光導波路基板中の導波路の屈折率を変化させ、光の位相や強度を変調したり、あるいは光路を切り換えたりする。

【0003】 こうした導波路型光デバイスの一例として強誘電体材料の中で比較的高い電気光学効果を有する二オブ酸リチウム (LiNbO<sub>3</sub>) 基板を用いた光デバイスがある。これは、光導波路基板にチタン (Ti) 膜を成膜し、所望の導波路パターンにパターンニングした後、1000度前後の高温で数時間熱拡散して光導波路を形成し、これに二酸化シリコンバッファ層を成膜し、その上面に金属膜により電極を形成し、これを機能素子とした光デバイスである。

【0004】 このようにして作製された光導波路素子はウェハ一切断後、端面研磨された後チップ化され、更に光導波路と光ファイバ間が光軸調整・固定された後、筐体に実装され、筐体に設けられた信号端子と光導波路素子の電極パッド間をワイヤボンディングにより接続される。

【0005】 図3は、従来の導波路型光デバイスとしての光スイッチを示す端面図である。光スイッチ11は、図3(a)に示すように、LiNbO<sub>3</sub> 結晶からなる光導波路基板12を有しており、光導波路基板12上にはTi拡散により光導波路13、14が形成されている。そして、光導波路13と14は、中央部分が近接しており、入光側と出光側ではそれぞれ所定間隔だけ離間して

10

2

いる。更に、光導波路基板12上には、光導波路基板12表面全体を覆うようにバッファ層15が配設されており、バッファ層15は二酸化珪素 (SiO<sub>2</sub>) 等により構成されている。また、バッファ層16上かつ光導波路13と14の上部には、金属膜により構成された制御用電極17、18がそれぞれ光導波路13と14上に位置するように配置されている。

【0006】 図4は、上述した光スイッチ11と光ファイバ20、21との結合例を示す図であり、光導波路基板12の端面は光ファイバ20、21の光軸に対して垂直に研磨されており、光ファイバ20、21の光軸と光導波路13の光軸は同一軸上に位置している。また、光ファイバ20、21は光導波路基板1の端面22、23に対して垂直に突き合わすように固定している。そして、光ファイバ20の他端にはレーザ光を発振する光源24が接続されている。

【0007】 次に、動作について説明する。

【0008】 制御用電極17、18間に電圧印加装置19より電圧が印加されていない場合、光導波路13、14間にモード結合が起こり、光源24より発せられた光は光ファイバ20を通って光導波路13へ入射し、光導波路14へ移行する。なお、近接部分の長さ (完全結合長) を光導波路の作成条件に応じて適当に選択すると光をほぼ100%光導波路14へ移行させることができるとある。

【0009】 また、制御用電極17、18に電圧印加装置19より所定電圧が印加された場合、制御用電極17、18間に電界を発生させると、図3(b)に示すように、光導波路基板12中の光導波路13、14に縦方向に電界が発生して、LiNbO<sub>3</sub> 結晶からなる光導波路基板12のもつ電気光学効果により光導波路13、14の屈折率が変化し、光導波路13、14間の結合状態が変化する。そして、印加電圧を適当に設定し、制御用電極17、18に発生する電界を最適化すると、光ファイバ20を通って光導波路13に入射した光をそのまま光導波路13から出射することができる。

【0010】 このようにして、光導波路を用いてスイッチング機能を実現できる。この導波路型光デバイスは上述したスイッチング機能を光導波路基板上に集積できることから光交換システム用マトリクス光スイッチやOTDR用の光路切り換え用光スイッチとして開発が進められている。

【0011】 しかし、上述した光スイッチ11と光ファイバ20、21との結合構造では、光ファイバ20から光導波路13へ光を入射する際、光導波路基板12の端面22におけるフレネル反射により反射光が光源24側へ反射され、光源24の発振を不安定にするという問題点があった。

【0012】 そこで、この問題点を解消するものとして、図5(a)に示すように、光導波路基板12の端面

50

22にフレネル反射を防止する反射防止膜25を設けたものが提案されている。

【0013】また、図5(b)に示すように、光導波路基板12の端面22を所定角度傾斜し、フレネル反射が光源24へ戻らないようにしたものもある(特公平2-195309号公報参照)。

#### 【0014】

【発明が解決しようとする課題】上述した光導波路基板12の端面22にフレネル反射を防止する反射防止膜25を設けたものでは、反射防止膜25を高温下において蒸着により端面22上に成膜するため、光導波路13の光学的特性を不安定にするという欠点がある。

【0015】また、光導波路基板12の端面22を所定角度傾斜し、フレネル反射が光源24へ戻らないようにしたものでは、光導波路13の屈折率 $n_2$ と入出射側に設けられた光ファイバのコア26の屈折率 $n_1$ とが異なる場合、光は光ファイバ20から光導波路13へ入射する際に屈折し、光のパワーは光ファイバ20から端面22を介して光導波路13へ入射する際に大きく損失するという欠点があった。

【0016】この発明は、上記のような課題を解消するためになされたもので、その目的は、光ファイバのコアの屈折率と光導波路の屈折率とが異なっても、光のパワーを大きく損失することのない導波路型光デバイスを提供することにある。

#### 【0017】

【課題を解決するための手段】本発明の導波路型光デバイスは、表面に光導波路が形成された光導波路基板と、光導波路基板の端面で光導波路と光学的に結合された光ファイバと、を有し、光ファイバの端面を所定角度 $\theta_1$ 傾斜して形成し、かつ光ファイバの端面に接続する光導波路基板の端面を所定角度 $\theta_2$ 傾斜するように形成し、前記光導波路を、光ファイバのコアの屈折率 $n_1$ に $\sin\theta_1$ を乗じたものと光導波路基板の屈折率 $n_2$ に $\sin\theta_2$ を乗じたものとが等しくなるような相対屈折方向に形成したことを特徴とするものである。

【0018】また、所定角度 $\theta_1$ および所定角度 $\theta_2$ を90°以外の角度にするとよい。

#### 【0019】

【作用】以上のように構成したので、光導波路の屈折率 $n_2$ と入出射側に設けられた光ファイバのコアの屈折率 $n_1$ とが異なる場合、光は光ファイバから光導波路へ入射する際に所定角度 $\theta_1$ 傾斜して形成した光ファイバの端面と所定角度 $\theta_2$ 傾斜するように形成した光導波路基板の端面部分で屈折し、光ファイバのコアの屈折率 $n_1$ に $\sin\theta_1$ を乗じたものと光導波路基板の屈折率 $n_2$ ＊

$$n_1 \cdot \sin\theta_1 = n_2 \cdot \sin\theta_2$$

【0026】次に、本実施例の作用について説明する。

【0027】制御用電極17、18間に電圧印加装置19より電圧が印加されていない場合、光導波路13、150

\*に $\sin\theta_2$ を乗じたものとが等しくなるような相対屈折方向に形成した光導波路の光軸方向へ入射し、光のパワーは光ファイバから光導波路へ入射する際に大きく損失することはない。

#### 【0020】

【実施例】以下、この発明の一実施例を図を用いて説明する。

【0021】図1は、本発明に係わる導波路型光デバイスを方向性結合器に用いた例を示す平面図である。方向性結合器は、 $\text{LiNbO}_3$ 結晶からなる光導波路基板12を有しており、光導波路基板12上にはT1拡散により光導波路13、14が形成されている。そして、光導波路13と14は、中央部分が近接しており、入光側と出光側ではそれぞれ所定間隔だけ離間している。また、バッファ層16上かつ光導波路13と14の近接した上部には、金属膜により構成された制御用電極17、18がそれぞれ光導波路13と14上に位置するように配置されている(図3参照)。

【0022】そして、光導波路13には光ファイバ20が突き合わすように固定されており、光導波路14には光ファイバ21が突き合わすように固定されている。更に、光導波路基板12の端面22、23は所定角度 $\theta_2$ 傾斜して形成されており、かつ光導波路基板12と接続する光ファイバ20、21の端面は所定角度 $\theta_1$ 傾斜して形成されている。

【0023】また、光導波路13の光ファイバ20側は、光ファイバのコアの屈折率 $n_1$ に $\sin\theta_1$ を乗じたものと光導波路基板の屈折率 $n_2$ に $\sin\theta_2$ を乗じたものとが等しくなるような相対屈折方向に形成されている。同様に、光導波路14の光ファイバ21側は、光ファイバのコアの屈折率 $n_1$ に $\sin\theta_1$ を乗じたものと光導波路基板の屈折率 $n_2$ に $\sin\theta_2$ を乗じたものとが等しくなるような相対屈折方向に形成されている。なお、 $\theta_1$ と $\theta_2$ の角度および屈折率 $n_1$ 、 $n_2$ によって光導波路13、14を形成する方向は図2に示すように変わる。

【0024】例えば、光ファイバのコアの屈折率 $n_1$ を1.46、 $\text{LiNbO}_3$ 結晶からなる光導波路基板12に形成された光導波路13、14の屈折率を2.26とし、光ファイバ20、21の端面の傾斜角 $\theta_1$ をフレネル反射による戻り光を低減するのに必要な8degに設定すると、光導波路基板12の端面22、23はスネルの法則から次式により $\theta_1$ は5.2degと求められる。

#### 【0025】

##### 【数1】

$$\dots (1)$$

4間でモード結合が起こり、光源24より発せられた光は光ファイバ20を通って光導波路13へ入射する。この際、光は、光ファイバのコアの屈折率 $n_1$ と光導波路

基板12の屈折率 $n_2$ から求まる相対屈折率 $n_2/n_1$ により屈折する。

【0028】そして、光導波路13に入射した光は光導波路14と近接する部分で光導波路14へ移行し、光ファイバ21から出射する。この際、光は、光ファイバのコアの屈折率 $n_1$ と光導波路基板12の屈折率 $n_2$ とからもとまる相対屈折率 $n_1/n_2$ により屈折する。

【0029】なお、近接部分の長さ(完全結合長)を光導波路の作成条件に応じて適当に選択すると光はほぼ100%光導波路14へ移行させることができる。

【0030】また、制御用電極17、18に電圧印加装置19より所定電圧が印加された場合、制御用電極17、18間に電界を発生させると、図3(b)に示すように、光導波路基板12中の光導波路13、14に縦方向に電界が発生して、 $\text{LiNbO}_3$ 結晶からなる光導波路基板12のもつ電気光学効果により光導波路13、14の屈折率が変化し、光導波路13、14間の結合状態が変化する。そして、印加電圧を適当に設定し、制御用電極17、18に発生する電界を最適化すると、光ファイバ20を通り光導波路13に入射した光をそのまま光導波路13から出射することができる。

【0031】本出願人は、上述した構成により反射減衰量が、図3の従来構造により測定された-12dBから-40dBに改善されたことを実験により確認しており、挿入損失が図4の従来構造により測定された2.7dBから3.7dBに改善されたことを実験により確認している。

【0032】なお、上述実施例においては、導波路型光デバイスとして方向性結合器を例にとり説明したが、これに限らず、本発明を全反射型光スイッチ、GaAs、InP等の化合物半導体基板を使用した導波路型光デバ

イスにも適用できることは明らかである。

【0033】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の導波路型光デバイスによれば、光導波路の屈折率 $n_2$ と入射側に設けられた光ファイバのコアの屈折率 $n_1$ とが異なる場合、光は光ファイバから光導波路へ入射する際に所定角度 $\theta_1$ 傾斜して形成した光ファイバの端面と所定角度 $\theta_2$ 傾斜するように形成した光導波路基板の端面部分で屈折し、光ファイバのコアの屈折率 $n_1$ に $\sin\theta_1$ を乗じたものと光導波路基板の屈折率 $n_2$ に $\sin\theta_2$ を乗じたものとが等しくなるような相対屈折方向に形成した光導波路の光軸方向へ入射するように構成したので、フレネル反射による反射光が光源へ反射されて光源の発振が不安定になることを防止でき、また光を光導波路方向に屈折して、光のパワーが光ファイバから光導波路へ入射する際に大きく損失することを防止できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係わる導波路型光デバイスを方向性結合器に用いた例を示す平面図である。

【図2】 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ および屈折率 $n_1$ 、 $n_2$ によって光導波路の方向が変わる様子を示す平面図である。

【図3】従来の方向性光デバイスを示す側面図である。

【図4】従来の方向性光デバイスと光ファイバとの結合例を示す側面図である。

【図5】従来の反射光を低減した構造を示す図である。

【符号の説明】

11 光スイッチ

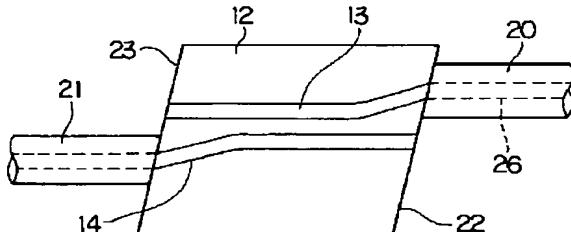
12 光導波路基板

13、14 光導波路

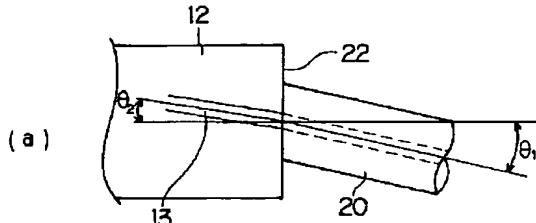
20、21 光ファイバ

22、23 光導波路基板の端面

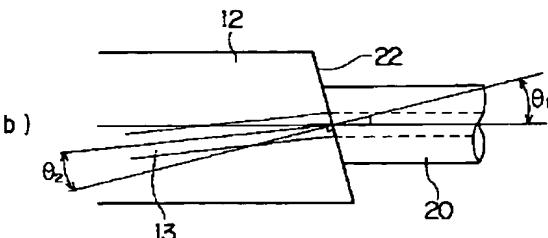
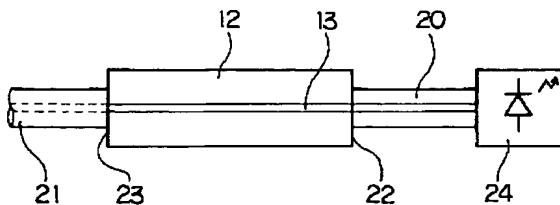
【図1】



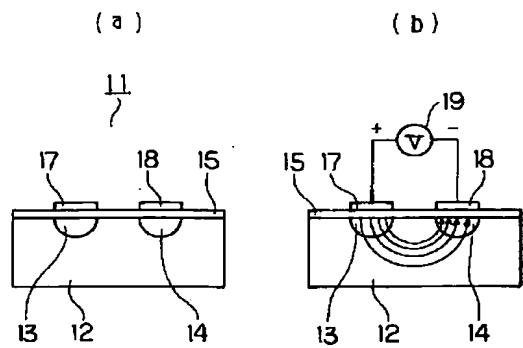
【図2】



【図4】



【図3】



【図5】

